Physikalische Zeitschrift

Begründet von E. Riecke und H. Th. Simon

Herausgeber:
Professor Dr. **M. Born** und
Professor Dr. **P. Debye**

Schriftleiter:
Dr. **Hans Küstner** in Göttingen

Die Physikalische Zeitschrift erscheint monatlich zweimal im Umfange von zwei bis vier Bogen zum Preise von jährlich 300 Mark, bei unmittelbarer Zustellung unter Kreuzband 450 Mark, im Ausland je nach dem Valutastande. Bestellungen nehmen jede Buchhandlung, die Post sowie die Verlagsbuchhandlung entgegen. Anzeigen werden für die einmal gespaltene Petitzeile mit 9.— Mk., Beilagen nach Vereinbarung berechnet; bei Wiederholungen tritt Ermäßigung ein.

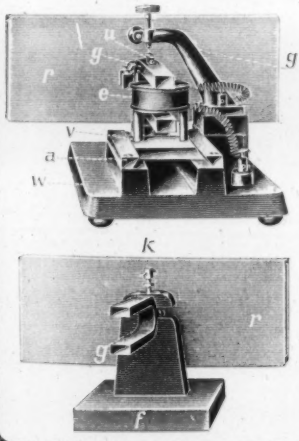
Alle Manuskriptsendungen und darauf bezügliche Zuschriften sind zu richten entweder an die Herausgeber: Professor Dr. M. Born, Göttingen, Planckstraße 21, und Professor Dr. P. Debye, Zürich, Physikgebäude, Gloriastr. 35 oder an die Schriftleitung: Dr. Hans Küstner, Göttingen, Bunsenstraße 9, Physikalisches Institut der Universität, alle Büchersendungen und Anzeigenaufträge an den

Verlag von **S. Hirzel** in Leipzig, Königstraße 2.

No. 19. 1. Oktober 1922. No. 625. **23. Jahrgang.**

Phys.-mech. Institut von Prof. Dr. M. Th. Edelmann & Sohn

München.



Stimmgabeln

mit Resonanzkasten
und elektrischer Erregung
zum Resonanzversuche in
größeren Räumen.

Katalog 30 erschienen und ebenso wie Spezialliste No. 29 über Saitengalvanometer und Registrierapparate, Spezialliste No. 31 über einfache Präzisionsschulapparate kostenlos.

Inhaltsverzeichnis:

(B. = Besprechungen.)

	Seite
Beugungsinterferenz: Bemerkungen zu einer als — beschriebenen Beobachtung, v. R. E. Maier	389
Elektrometer: Die Kapazitätsveränderlichkeit von — mit drehbaren Zeigern oder Nadeln, v. H. Hermann	386
Exner, F., Vorlesungen über die physikalischen Grundlagen der Naturwissenschaften. (B.)	391
Franck, J. u. R. Pohl: *Heinrich Rubens* †	377
Gruner, P., Elemente der Relativitätstheorie (Kinematik und Dynamik des eindimensionalen Raumes). (B.)	391
Hamel, G., Grundbegriffe der Mechanik. (B.)	392
Hermann, H., Die Kapazitätsveränderlichkeit von Elektrometern mit drehbaren Zeigern oder Nadeln	386
Jäger, G., Theoretische Physik. IV. (B.)	392
Kapazitätsveränderlichkeit: Die — von Elektrometern mit drehbaren Zeigern oder Nadeln, v. H. Hermann	386
Königsche Stimmgabeln: Zusammenklang —, v. E. Waetzmann	382
Maier, R. E., Bemerkungen zu einer als Beugungsinterferenz beschriebenen Beobachtung	389
Mechanik: Grundbegriffe der —, v. G. Hamel. (B.)	392
Neuburger, C., Bemerkung zu der Notiz von Frl. L. Meitner zu der Mitteilung von Herrn P. Valeras	389
Physik: Theoretische —, v. G. Jäger. IV. (B.)	392
Physikalische Grundlagen: Vorlesungen über die — der Naturwissenschaften, v. F. Exner. (B.)	391
Pohl, R. u. J. Franck, Heinrich Rubens †	377
Relativitätstheorie: Elemente der — (Kinematik und Dynamik des eindimensionalen Raumes), v. P. Gruner. (B.)	391
Rubens †, Heinrich, v. J. Franck u. R. Pohl	377
Steichen, A., Nachtrag zu meiner Arbeit: Versuche über das Nachleuchten von Röhren mit verdünnten Gasen	389
Stimmgabeln: Zusammenklang Königscher —, v. E. Waetzmann	382
Waetzmann, E., Zusammenklang Königscher Stimmgabeln	382

Verlag von Carl Fromme G. m. b. H., Leipzig u. Wien.

Erklärung der Gravitation, der Molekularkräfte, des Lichtes, der magnetischen und elektrischen Erscheinungen auf rein mechanischem atomistischem Wege

von

Prof. Dr. Johann Sahulka

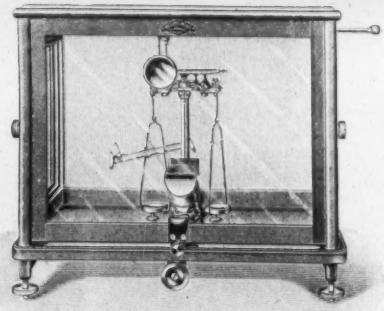
Preis M. 40.—.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen.

Einbanddecken zur Physikalischen Zeitschrift 1921 sind vorrätig und können zum Preise von M. 30.— durch jede Buchhandlung oder vom Verlag S. Hirzel in Leipzig, Königstr. 2 bezogen werden.

Sartorius-Werke A.-G. Göttingen Prov. Hannover

Analysen- und Präzisions-Wagen für feine und feinste Wägungen in bekannt sauberster Ausführung.



Sartorius'-Mikro-chemische Analysenwage.

D. R. G. M. 786129—796130

*

Unsere Fabrikate sind in allen einschlägigen Geschäften zu Originalpreisen erhältlich.

Katalog „Präcis 46" kostenfrei.

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 19. 1. Oktober 1922. 23. Jahrgang.

Redaktionsschluß für No. 21 am 10. Oktober 1922.

INHALT.

J. Franck u. R. Pohl, Heinrich Rubens †. S. 377.

Originalmitteilungen:

E. Waetzmann, Zusammenklang Königscher Stimmgabeln. S. 382.

H. Hermann, Die Kapazitätsveränderlichkeit von Elektrometern mit drehbaren Zeigern oder Nadeln. S. 386.

A. Steichen, Versuche über das Nachleuchten von Röhren mit verdünnten Gasen. (Nachtrag.) S. 389.

M. C. Neuburger, Bemerkung zu der Notiz von Frl. L. Meitner zu der Mitteilung von Herrn P. Valeras. S. 389.

R. E. Maier, Bemerkungen zu einer als Beugungsinterferenz beschriebenen Beobachtung. S. 389.

Besprechungen:

P. Gruner, Elemente der Relativitätstheorie (Kinematik und Dynamik des eindimensionalen Raumes.) S. 391.

F. Exner, Vorlesungen über die physikalischen Grundlagen der Naturwissenschaften. S. 391.

G. Hamel, Grundbegriffe der Mechanik. S. 392.

G. Jäger, Theoretische Physik. IV. S. 392.

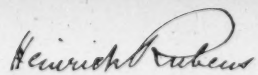
Berichtigungen. S. 392.

Personalien. S. 392.

Heinrich Rubens †.

Von James Franck und Robert Pohl.

Am Abend des 17. Juli ist Heinrich Rubens im Alter von nur 57 Jahren verstorben. Mit Besorgnis sahen schon während des Krieges seine Freunde, Kollegen und Schüler, daß die Entbehrungen dieser Zeit ihn ganz besonders stark mitnahmen. Wie wäre das auch anders möglich gewesen, da seine Vaterlandsliebe und sein unbeugsames Pflichtbewußtsein ihn dauernd bei den kärglichen amtlich genehmigten Rationen aushalten ließ. Als jedoch auch die Zeit nach dem Kriege keine Erholung, vielmehr eine immer deutlicher werdende Abmagerung und Schwäche brachte, wurde es deutlich sichtbar, daß eine schwere Krankheit an der Kraft dieses vorher blühenden Mannes zehrte. Obgleich aber die Krankheit — es war eine heimtückische Leukämie — seinen Körper schwächte, vermochte sie ihn bis 3 Wochen vor seinem Tode nicht von seiner reichen Forscher- und Lehrtätigkeit abzuhalten. Noch auf seinem Krankenlager, von dem er sich nicht mehr erheben



sollte, ließ er sich täglich über die Vorkommnisse im Institut und über den Fortgang der Arbeiten berichten. Er starb, wie er gelebt hatte, voll echter Begeisterung und Liebe zu seiner Wissenschaft, in der er ein Führer und Meister gewesen war. Sein Hinscheiden reißt eine Lücke, die schwer zu schließen sein wird. Sie wird weit über den Rahmen unseres Landes hinaus gefühlt werden.

Es ist tragisch, daß es ihm nicht mehr beschieden war, seinen lange gehegten Plan auszuführen, nämlich sein Lebenswerk, die Durchforschung des ultraroten Spektrums, in einer zusammenfassenden Monographie niederzulegen. Er hatte sich früher nicht dazu entschließen können, weil er — der Altmeister der Experimentier- und Meßkunst, wie er unter freudiger Zustimmung der Anwesenden auf der letzten Physikertagung bezeichnet wurde — mit der Genauigkeit seiner Messungen nicht zufrieden war und weil es ihm widerstand, wie er uns anläßlich eines Besuches mitteilte, Resultate früherer Arbeiten noch einmal niederzuschreiben, wo er sich bewußt war, sie doch jetzt noch genauer und reiner festlegen zu können.

Es ist nicht möglich in diesem kurzen Gedenkwort das Lebenswerk von Heinrich Rubens ausführlich zu schildern, und das ist auch vor dem Leserkreis dieser Zeitschrift nicht nötig, denn die Ergebnisse seiner rastlosen Arbeit sind ja Gemeingut aller Fachgenossen geworden und lassen sich gerade wegen ihrer Einheitlichkeit und Eindeutigkeit ihrem Ideengehalte nach leicht mit knappen Sätzen darstellen.

Rubens' wissenschaftliche Laufbahn beginnt 1889 mit einer bei Kundt ausgeführten Dissertation über das Reflexionsvermögen der Metalle. Bald folgt eine gemeinsam mit du Bois angestellte Untersuchung über die Dispersion der Metalle, die an dünnen, nach Kundts Verfahren hergestellten Metallprismen gemessen wird. Als quantitativer Indikator der Strahlung dient ihm das Angströmsche Bolometer. Mit Paalzow zusammen bildet er dies Bolometer als ein Wechselstromampèremeter aus und erkennt bald die Eignung dieses Instrumentes für messende Versuche an Hertzschen Wellen. Rubens mißt so mit Ritter die Reflexion und die Durchlässigkeit von Drahtgittern, die in den Strahlengang zweier Hertzscher Spiegel eingeschaltet werden. Dann entwickelt er — immer das Bolometer als Ampèremeter oder Wellenindikator benutzend — mit seinem Freunde Leo Arons ein Verfahren, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elektrischer Wellen an Drähten zu messen, die in verschiedene flüssige Dielektrika eingebettet werden können. Die Methode leistet nicht soviel, wie die ähnliche, später allgemein eingeführte Drudes, sie versagte schon bei schwach leitenden Flüssigkeiten, wie Alkohol. Aber sie reicht doch aus, um mit 6 m-Wellen die Gültigkeit der Maxwellschen Beziehung $n^2 = \varepsilon$ zu bestätigen.

Man sieht aus diesen Themen: Reflexion der Metalle und Prüfung der Maxwellschen Beziehungen zwischen elektrischen und optischen Konstanten, daß sich schon der junge Gelehrte nach dreijähriger Forschertätigkeit auf der Bahn befand, auf der ihm die Erfolge seines späteren Lebens erblühten. Der einmal beschrittene Weg wird unablässig verfolgt: Läßt sich die Maxwellsche Beziehung auch für erheblich kürzere Wellen nachweisen? Lassen sich so die Wellen des sichtbaren und des ultraroten Gebietes als elektromagnetisch dartun? Das sind die nächsten Problemstellungen. Rubens versuchte es, sie zu lösen, indem er zwischen 0,5 und 5 μ die Brechungsindizes untersucht und zwar nach einem Verfahren, das die Wellenlängen durch Interferenzstreifen im kontinuierlichen Spektrum festlegt. Der Erfolg bleibt aus. Der Versuch muß mit längeren Wellen wiederholt werden. Aber diese Spektralgebiete sind wenig bekannt, folglich entschließt er sich zu ihrer gründlichen Erforschung. Er führt diese Pionier-

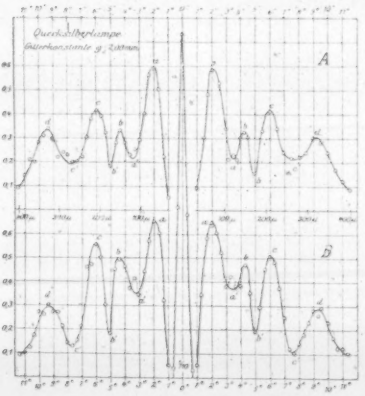
arbeit durch, unterstützt und kontrolliert durch parallelgehende, ausgezeichnete Untersuchungen Paschens. Die Brechungsindizes wichtiger Substanzen werden bis 9 μ ermittelt. Im Beugungsspektrum wird die Durchlässigkeit von $NaCl$ und KCl bis 24,4 μ untersucht. Dabei ergibt sich, daß diese Wellenlänge von einer 6 mm dicken Schicht von Steinsalz völlig, von Sylvin zu 90 Proz. absorbiert wird. Ebenso ergibt sich für Flußspat, daß er keine Wellenlänge größer als 11 μ mehr hindurchläßt. Damit hat Rubens im Ultraroten ein Gebiet hoher, fast metallischer Absorption gefunden und von hier aus ist es nur ein kurzer Weg zu seiner großen Entdeckung der Reststrahlmethode, die er 1897 gemeinsam mit seinem Schüler Nichols bekannt gibt. Sie liefert ihm eine Reihe wohldefinierter monochromatischer Strahlungen im Ultrarot, frei von der Undurchlässigkeit der Prismensubstanzen und frei von der störenden Überlagerung verschiedener Ordnungen im Gitterspektrum: Quarz gibt ihm Wellenlängen von 8,85 μ, Flußspat von 51,2 μ und schließlich kommt Sylvin mit $\lambda = 61{,}1\ \mu$ hinzu.

Um größere Feinheiten der Struktur ermitteln zu können und zu noch längeren Wellen übergehen zu können, mußten die Strahlungsindikatoren vervollkommnet werden. Auch diese Schwierigkeit wird überwunden. 1898 wird eine neue Form der linearen Thermosäule beschrieben, 1900 gemeinsam mit du Bois das zugehörige Panzergalvanometer.

Der technische Fortschritt wird in dreifacher Richtung ausgenutzt: Erstens werden ultrarote Absorptionsspektra von Gasen und Flüssigkeiten ausgemessen, und für Wasserdampf eine komplizierte Bandenstruktur zwischen 11 und 17 μ nachgewiesen. Zweitens wird 1900 mit den Reststrahlen des Flußspates nach der Isochromatenmethode die schwarze Strahlung bis 1500 Grad ausgemessen, und mit den Zahlen eine wichtige Stütze der gerade entdeckten Planckschen Strahlungsformel geliefert. Drittens endlich greift Rubens mit seinem älteren Mitarbeiter F. Hagen das Thema seiner Dissertation wieder auf: die Reflexion der Metalle. Eine ganze Serie von Arbeiten umfaßt das Spektralgebiet von 0,25 μ bis ans Ende der Reststrahlen. Bei 8 μ ordnet sich die Reflexion der Metalle im Sinne Maxwells schon in der Reihenfolge ihrer elektrischen Leitfähigkeit. Von 12 μ ab ist der Erfolg ein quantitativer: Das Reflexionsvermögen ist genau dasjenige, das man aus dem elektrischen Leitvermögen berechnen kann. Die zweite der elektro-optischen Beziehungen Maxwells hat somit durch Hagen und Rubens eine geradezu glänzende Bestätigung erfahren.

Im Ultraroten hat Rubens inzwischen den alten Zirkonbrenner durch den Auerstrumpf ersetzt. Um die Zeit seiner Berufung als Direktor des Physikalischen Instituts der Berliner Universität klärt er zunächst die technische Frage des Ce_2O_3-Zusatzes zum ThO_2. Er zeigt, wie ein Cerzusatz unter 1 Proz. die Emission zwischen 0,4 und 1,5 μ stark in die Höhe setzt, höhere Prozente aber keine weitere Verbesserung der Lampenökonomie bringen, weil sie bei langen Wellen zu großen unerwünschten Strahlungen führen. Diese Untersuchung des Auerstrumpfes sollte reiche Früchte tragen. In stetigem Fortschritt gelingt es, nunmehr unter Benutzung des Radiomikrometers als Strahlungsindikator, aus der Auerstrahlung nach der Reststrahlmethode monochromatische Spektralstreifen bei 83 μ (KBr) und 97 μ (KJ) zu isolieren und ihre Wellenlänge interferometrisch festzulegen (Rubens und Hollnagel, 1910). Ja noch weiter: Unter Ausnutzung der chromatischen Aberration von Quarzlinsen glückt es Rubens unter Assistenz von Wood aus dem Auerbrenner Wellen bis zu 110 μ, also über 0,1 mm auszusondern. Bald lassen sich diese Wellengebiete auch mit den Reststrahlen des Bromsilbers (113 μ) und des Kalkspats (116 μ) erreichen, und schließlich läßt sich aus dem

Auer-Invertbrenner mit *ThJ* noch ein Reststrahl von $\lambda = 152\,\mu$ herstellen. Dann ist auch die Ausnutzung des Auerbrenners am Ende. Rubens sucht mit anderen Lichtquellen weiterzukommen. Im *Hg*-Bogen entdeckt er 1911 gemeinsam mit O. von Baeyer Wellen von ca. 0,3 mm Länge. Er löst sie interferometrisch in 2 Maxima bei 218 und 343 μ auf. Aber die Genauigkeit dieser Messungen befriedigte ihn nicht. Er greift trotz aller ihm nur zu sehr vertrauten Schwierigkeiten wieder zum Beugungsgitter und verbessert die Zahlen auf 210 und 324 μ. Wir können es uns nicht versagen, diese Messungen Rubens hier in Original abzudrucken: Der Leser sieht die Energieverteilung eines Gitterspektrums. In der Mitte die auf $^1/_{10}$ reduzierte nullte Ordnung, zu beiden Seiten die Spektren. Das erscheint als nichts Besonderes. Nun beachte man aber den Ordinatenmaßstab! Der Maximalausschlag beträgt tatsächlich nur 0,6 mm Ausschlag des Radiomikrometers bei 5 m Skalenabstand! Mit solchen Gesamtausschlägen Präzisionsmessungen auszuführen, hat bisher noch kein Physiker Rubens nachmachen können, die Leistung ist einzig in ihrer Art.



Aber das Vordringen in das Gebiet immer größerer Wellenlänge war für Rubens keineswegs ein Sport, er behielt unentwegt sein Ziel vor Augen: Die Richtigkeit der elektromagnetischen Vorstellungen für das Gebiet der ultraroten Wellen zu erweisen.

Das Reflexionsvermögen der Metalle enthielt noch unklare Punkte. Im Sichtbaren fehlt ein merklicher Temperaturkoeffizient, im Ultrarot war er vorauszusagen, da die Reflexion hier nach Rubens' älteren Arbeiten nur durch das elektrische Leitvermögen bestimmt wird. Gemeinsam mit Hagen macht sich Rubens daran, diese Voraussage zu bestätigen. Sie erfüllt sich in vollem Umfange, sobald die Wellenlängen größer als 5 μ gewählt werden. Erst unterhalb von 3 μ tritt die praktische Temperaturunabhängigkeit der metallischen Reflexion ein, die bisher noch nicht völlig gedeutet ist.

Weiter hatte sich Rubens seit 1893, an seine Wiederholung der Hertzschen Gitterversuche anknüpfend, gemeinsam mit seinem Freunde du Bois vergebens gemüht, die Hertzschen Gitterversuche im Ultraroten nachzumachen. Die Beobachtungen hatten eine verwickelte Abhängigkeit von Wellenlänge und Gitterkonstante ergeben. 1911 aber gelingt es endlich, auch diesen Widerspruch zu beheben: Mit Wellen zwischen 14 und 108 μ zeigt sich mit wachsender Wellenlänge ein völliger Anschluß an das Verhalten der gewöhnlichen elektrischen Wellen.

Der Beweis für den elektromagnetischen Charakter der ultraroten Wellen ist endlich lückenlos geführt, und 1917 gab Rubens in der Berliner Akademie einen zusammenfassenden Bericht über alles, was er auf diesem Gebiete erreicht hatte.

Inzwischen war das allgemeine Interesse an der Maxwellschen Theorie hinter dem an der Quantentheorie zurückgetreten. Wir erwähnten schon, welchen Dienst Rubens' Beobachtungen 1900 der Quantentheorie bei ihrer Begründung durch Planck geleistet hatten. Rubens' Arbeiten sollten auch für

den Fortschritt der Quantentheorie bald große Bedeutung gewinnen. Erst waren es seine Reststrahlfrequenzen, mit deren Hilfe Einstein, Nernst, Born-Kármán u. a. die Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärme deuten konnten. Dann waren es Arbeiten, die Rubens und seine Schüler über ultrarote Bandenspektren lieferten, die Bjerrum zur Vorstellung der Schwingungsrotationsspektren führten. Der Quantentheorie ist auch die letzte große Arbeit, die in Gemeinschaft mit Michel ausgeführt wurde, gewidmet. Es waren Zweifel aufgetaucht an der strengen Gültigkeit der Planckschen Strahlungsgleichung und damit an der Fundamentierung der gesamten Entwicklung der modernen Physik. Rubens erkannte es als seine Pflicht, mit dem ganzen Rüstzeug seiner experimentellen Fähigkeiten diese Frage zu klären. Das Resultat ist bekannt. Die Aufnahme der Isochromaten ergab eine Übereinstimmung mit der Theorie, die jeden Zweifel entwaffnete. So schloß die reiche wissenschaftliche Leistung mit einer Meisterarbeit, die den Nachstrebenden die Gewißheit gibt, daß sie auf festem Grunde weiter aufbauen können.

Während diese Früchte wissenschaftlicher Tätigkeit jedem Physiker bekannt sind, und während auch die Kenntnis der zahlreichen wertvollen unter seiner Leitung entstandenen Doktorarbeiten vorausgesetzt werden kann, hat es seine Zurückhaltung, die durch eine übergroße und tiefinnerliche Bescheidenheit seines Wesens hervorgerufen war, mit sich gebracht, daß der große Vorzug seiner direkten persönlichen Einwirkung wohl nur einer kleinen Zahl ihm nahestehender Kollegen und seinen eigenen Assistenten und Schülern zuteil geworden ist. Ein Hauptzug seiner Persönlichkeit war sein geradezu bewundernswertes Bemühen, gerecht und objektiv zu urteilen. Nie haben wir, die manche Jahre seine Assistenten waren, von ihm ein Urteil ab irato gehört, ja man wäre versucht zu sagen, nie überhaupt ein abfälliges Urteil. Ihm war es inneres Bedürfnis, jede Angelegenheit von allen Seiten genau zu betrachten und so umfaßte sein Überblick auch jedesmal das Gesichtsfeld des einseitigen Beobachters mit. Mochte uns Jüngeren die Abgeklärtheit seiner Beurteilung einmal unverständlich erscheinen, so waren wir sicher, mit dem Bemerken belehrt zu werden: „Lieber Kollege, mit den Jahren wird man eben immer milder und ruhiger". Der Begriff der wissenschaftlichen Mißgunst war ihm etwas prinzipiell Fremdes, er wird es kaum gemerkt haben, daß eine solche Charaktereigenschaft überhaupt vorkam. Aufs Peinlichste war er daher auch bemüht, jeden der wissenschaftlichen Mitarbeiter seines Instituts auf seine Art gewähren zu lassen und ihn möglichst von jeder unproduktiven Verwaltungsarbeit zu entlasten. Wer Rat wollte, bekam ihn gern, gründlich und freundlich, aber ungefragt zu raten, wäre ihm wie ein Eingriff in die wissenschaftliche Persönlichkeit eines andern erschienen. Er wünschte, daß in seinem Institut fleißig gearbeitet wurde und ging in dieser Hinsicht mit niemals erlahmender Kraft voran. Wie manche Nacht hat er nach anstrengendem Tagesdienst in seinem Ecklaboratorium gearbeitet und gemessen und niemals ist ihm das anders als selbstverständlich erschienen. Wann er die Zeit fand neben der eigenen Arbeit, neben dem wohlvorbereiteten ausgezeichneten Kolleg den großen Instituts- und Fakultätspflichten auch noch ein eingehendes Studium der neuen physikalischen Literatur zu treiben, ist uns immer unerfindlich gewesen, und doch hat er oft im vorbildlich geleiteten Berliner Colloquium uns Jüngere beschämt durch die eingehende Kenntnis der neuerschienenen Arbeiten. Selten gönnte er sich Ruhe. Wenn es aber geschah, so war es in der freien Natur bei seinem über alles geliebten Segelsport, zu dem man nur von ihm mitgenommen wurde, wenn man selber genügend viel von dieser edlen Kunst verstand. Ein herz-

lich dankbares Gefühl für die vorbildliche Art seiner Institutsleitung verbindet alle, die unter ihm arbeiten durften. Ihnen ging beim Ableben von Heinrich Rubens nicht nur ein großer Physiker und bedeutender Mensch, sondern auch ein lieber Lehrer verloren, dessen Lehren sie nicht vergessen wollen.

Göttingen, August 1922.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Zusammenklang Königscher Stimmgabeln.

Von E. Waetzmann.

Das hiesige Institut besitzt einen Satz R. Königscher Stimmgabeln, die in dem Bereiche von $c_3 = 1024$ v. d. bis $c_5 = 4096$ v. d. liegen. An diesem wertvollen Material sind einige Beobachtungen gemacht worden, die vielleicht soviel Interesse verdienen, daß sich eine kurze Mitteilung rechtfertigt.

1. Die Schwingungszahlen der vorhandenen Gabeln sind zum größten Teil ganzzahlige Vielfache von 256. Werden zwei solche Gabeln von den Schwingungszahlen p und q gleichzeitig angeschlagen, so hört man vielfach neben den Primärtönen (P.T.) p und q und anderen resultierenden Tönen auch den Ton 256, und zwar oft in recht erheblicher Stärke. Stehen hierbei p und q in dem Verhältnis $m:m-1$, wobei m eine ganze Zahl ist, so haben wir den trivialen Fall, daß 256 als Differenzton (D.T.) 1. Ordnung entsteht. Dagegen würde der Ton 256 in zahlreichen anderen Fällen, in denen er beobachtet worden ist, ein D.T. sehr hoher Ordnung sein, falls keine Obertöne (O.T.) mitwirken. Beispielsweise ergibt er sich bei den P.T. $p = 4096$ und $q = 3328$ rechnerisch als D.T. 8. Ordnung $5.3328 - 4.4096 = 256$. Wir zählen hierbei die „Ordnung" der D.T. in der Weise, daß der Ton $mq - np$ als D.T. $(m + n - 1)$. Ordnung bezeichnet wird, entsprechend der Tatsache, daß bei dem Helmholtzschen Näherungsverfahren zur Integration der Grundgleichung der D.T. die Mitnahme des quadratischen Gliedes der zur Lösung angesetzten Potenzreihe den D.T. 1. Ordnung $p-q$ ergibt, die Mitnahme der dritten Potenz die D.T. $2p-q$, $p-2q$ die Mitnahme der vierten Potenz die D.T. $3p-q$, $2p-2q$, $p-3q$ usw. Hierbei spielt es keine Rolle, ob die so gefundenen Schwingungszahlen mit positivem oder negativem Vorzeichen auftreten. Entsprechend wird ein harmonischer O.T. mp als O.T. $(m-1)$. Ordnung bezeichnet. Die Intensität der D.T. nimmt nun mit wachsender Ordnung mehr und mehr ab[1]). Aus der Helmholtzschen Theorie heraus ist also das Auftreten eines D.T. von der achten oder von noch höherer Ordnung in verhältnismäßig großer Stärke kaum zu begreifen.

Man wird deshalb in erster Linie versuchen, die Beobachtungstatsachen auf die Mitwirkung harmonischer O.T. der Stimmgabeln zurückzuführen, also in dem genannten Beispiel den Ton 5.3328—4.4096 als D.T. 1. Ordnung zwischen dem 4. bzw. 3. O.T. von 3328 bzw. 4096 zu deuten suchen. Aber selbst wenn das restlos gelingen sollte, lohnt sich doch eine kurze Diskussion der Beobachtungen, weil auch die Entstehung harmonischer O.T. höherer Ordnung an den Königschen Gabeln nicht ohne theoretisches Interesse ist.

2. Tabelle I gibt einen Überblick über die Ordnungszahl und die Stärke des Tones 256 bei verschiedenen P.T.-Intervallen. Die erste und zweite Reihe der Tabelle enthalten die Schwingungszahlen p und q der P.-T., die dritte Reihe die zahlenmäßige Darstellung des Tones 256 für das betreffende P.-T.-Intervall und die vierte Reihe nähere Angaben über die Stärke von 256. Zur angenäherten Charakterisierung dieser Angaben sei bemerkt, daß 256 als „stark" bezeichnet ist, wenn er schon bei leichtem Anschlagen der beiden Gabeln mit einem Bleistift deutlich hervortritt. Je kräftiger die beiden Gabeln angeschlagen werden, um so kräftiger ist 256.

1) Die Einwände, welche von E. Budde (Verh. d. D. Phys. Ges. **21**, 70, 1919) gegen das Helmholtzsche Integrationsverfahren erhoben worden sind, sind durchaus unzutreffend (E. Waetzmann, Verh. d. D. Phys. Ges. **21**, 506, 1919). Es sei das nochmals nachdrücklich betont, weil die Buddesche Arbeit bereits in die einschlägige Literatur übernommen wird.

Tabelle I.

p	q	$mq - np$	Stärke von 256
3840	2048	$2q - p$	sehr stark
2304	1024	$p - 2q$	„ „
3328	2304	$3q - 2p$	„ „
4096	2816	$3q - 2p$	„ „
3584	2304	$2p - 3q$	„ „
3328	2560	$4q - 3p$	stark
2816	2048	$3p - 4q$	„
3328	2048	$5q - 3p$	deutlich
4096	3328	$5q - 4p$	„
3584	2816	$4p - 5q$	„
2816	2304	$5q - 4p$	„
		$5p - 6q$	„
4096	2304	$4p - 7q$	„
3328	2816	$6q - 5p$	„
		$6p - 7q$	„
3840	3328	$7q - 6p$	„
		$7p - 8q$	„

Es treten also, falls keine O.T. mitwirken und somit $mq - np = 256$ als „echter" D.T. $(m + n - 1)$. Ordnung zu deuten ist, D.T. bis zur 14. Ordnung auf, falls dagegen O.T. die Hauptrolle spielen und somit $mq - np$ als D.T. 1. Ordnung zwischen den $(m - 1)$. und $(n - 1)$. O.T. von p und q zu deuten ist, O.T. bis zur 7. Ordnung.

256 wird nicht immer als glatter Ton gehört, sondern oft schwebend, und zwar vor allem dann, wenn er gleichzeitig in zwei verschiedenen, nahe beieinander liegenden Ordnungen entsteht. Beispielsweise entsteht er bei den P.T. 2816 und 2304 sowohl als D.T. 8. Ordnung als auch als D.T. 10. Ordnung. Bei einer geringen Verstimmung einer der beiden P.T.-Gabeln muß dann 256 schwebend gehört werden. Interessant ist, daß die Zahl der in der Sekunde bei einem bestimmten P.T.-Intervall beobachteten Schwebungen bei stark variierenden Temperaturen wesentlich verschieden war.

Wie bereits erwähnt, treten neben dem Ton 256, auf den wir, als den Ton von der höchsten beobachteten Ordnung, unsere besondere Aufmerksamkeit richten, bei den meisten Intervallen noch eine größere Anzahl anderer D.T. auf, von denen sogar $p - q$ im allgemeinen viel stärker als 256 ist. In Tabelle II sind für einige P.T.-Intervalle die D.T. angegeben, die vom Verf. und drei anderen leidlich geübten Beobachtern ohne besondere Mühe festgestellt werden konnten. Dabei war aber im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht beabsichtigt, Vollständigkeit zu erzielen, also mit aller Sorgfalt nach sämtlichen vorhandenen D.T. zu suchen. Vielmehr sollte nur geprüft werden, ob etwa neben 256 die ganze Reihe der möglichen Töne bis zur Ordnung von 256 hin wenigstens angenähert so deutlich wie 256 selbst vorhanden ist. Das ist aber, wie Tabelle II zeigt, durchaus nicht der Fall. Natürlich spielen individuelle Unterschiede sowie die augenblickliche Disposition des Beobachters eine große Rolle. Im ganzen genommen zeigt sich aber eine starke Bevorzugung von 256, indem der größte Teil der neben 256 möglichen Töne fehlt. Der letzte Ton jeder Horizontalreihe der Tabelle ist der Ton 256.

Übrigens hat R. König[1]) bei ähnlichen Untersuchungen wie den vorliegenden an Stimmgabeln zwischen 2048 v. d. und 4096 v. d. von angenähert den gleichen Dimensionen, wie sie die unserigen besitzen, nur Töne bis zur Ordnung $3q - 2p$ beobachtet und gibt den Ton 256, sofern er nicht mit $p - q$ oder $2q - p$ zusammenfällt, überhaupt nicht als gehört an.

3. Bei der Diskussion unserer Beobachtungsresultate haben wir zweierlei zu unterscheiden: Erstens die Tatsache, daß überhaupt Töne sehr hoher Ordnung auftreten, seien es nun „echte" D.T. hoher Ordnung, oder seien es harmonische O.T. hoher Ordnung, die dann ihrerseits D.T. 1. Ordnung bilden; daneben die Tatsache, daß unter den theoretisch möglichen D.T. der Ton, dessen Schwingungszahl gleich der Periodenzahl (256) der aus p und q Resultierenden ist, relativ besonders stark hervortritt.

Was zunächst den letzten Punkt anlangt, so spielt hierbei das „Heraushören"[2]) eines Tones

Tabelle II.

p	q	$p : q$	Gehörte D.T.				
3584	2304	14 : 9	$p - q$	$2q - p$	$2p - 3q$		
2816	2048	11 : 8	$p - q$	$3q - 2p$	$3p - 4q$		
2816	2304	11 : 9	$p - q$	$3q - 2p$	$4q - 3p$	$5q - 4p$	$5p - 6q$
3328	2816	13 : 11	$p - q$	$2q - p$	$4q - 3p$	$6q - 5p$	$6p - 7q$
3840	3328	15 : 13	$p - q$	$2q - p$	$7q - 6p$	$7p - 8q$	

1) R. König, Pogg. Ann. **157**, 177, 1876.
2) Vgl. z. B. C. Stumpf, Tonpsychologie, 2. Bd., Leipzig 1890.

aus einem Gesamtklange eine hervorragende Rolle. 256 wird als der tiefste Ton des Gesamtklanges verhältnismäßig schwer „verdeckt", so daß aus seiner leichten Hörbarkeit nur mit allergrößter Vorsicht Schlüsse auf seine physikalische (richtiger physiologische) Intensität gezogen werden dürfen. Andererseits ist es aber schwierig, sämtliche Beobachtungsergebnisse bezüglich der relativen Stärke von 256 lediglich auf den genannten subjektiven Grund zurückzuführen, zumal die Empfindlichkeit des Ohres[1]) für 256 ungleich viel geringer ist als für die Höhenlage von etwa 1000 bis 2000 Schwingungen, in welcher zahlreiche Töne von niedrigerer Ordnung als 256 vergeblich gesucht wurden.

Eine Bevorzugung unseres Tones 256 auch in physikalischer Beziehung könnte vielleicht durch folgende Überlegung verständlich werden: Verf. hat früher[2]) klarzustellen versucht, daß für die Stärke der aus zwei reinen P.T. entstehenden D.T. die Form der bei ungestörter Superposition der P.T. Resultierenden von maßgebendem Einfluß ist. Man denke sich diese Resultierende einer Gleichrichterwirkung unterzogen und man hat im wesentlichen die Schwingungskurve, welche die P.T. und die D.T. in richtigem Stärkeverhältnis enthält. Wie die Gleichrichterwirkung in den einzelnen Fällen physikalisch zustande kommt, ist in den zitierten Arbeiten besprochen. Im allgemeinen muß nun in der gleichgerichteten Kurve eine sinusförmige Komponente auftreten, welche der Periodenzahl der Resultierenden entspricht, und zwar muß sie um so stärker sein, je ausgeprägter die Periodenzahl in der „ungestörten" Resultierenden hervortritt, also am stärksten, wenn das P.T.-Intervall klein ist und die Periodenzahl mit $p - q$ zusammenfällt[3]). Die Durchrechnung ist nicht ganz einfach, wenn man sich nicht auf Spezialfälle beschränkt, sondern allgemeine Resultate sucht. Hinzu kommt, daß man für die Durchrechnung bestimmte, mathematisch leicht zu formulierende Annahmen über die Art der Gleichrichtung machen muß, die in der Praxis meist nicht erfüllt sind. Nimmt man den einfachsten Fall einer „vollkommenen" Gleichrichtung an, bei welcher die positiven Teile der Schwingung ungeändert bleiben und die negativen Null werden, so ergibt sich sogar das überraschende Resultat, daß die Grundschwingung nicht auftritt, wenn p und q ungerade und beide ungleich Eins sind[1]). Dabei ist die Rechnung nur für bestimmte Phasendifferenzen $\left(0, \pi, \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}\right)$ zwischen p und q durchgeführt. In allen anderen betrachteten Fällen ergab sich aber das oben angeführte Resultat, daß die Amplitude der Grundperiode nicht Null wird.

Nebenbei darf vielleicht bemerkt werden, daß eine Untersuchung des etwaigen Einflusses der zwischen den P.T. bestehenden Phasendifferenz auf die Stärke der D.T. nicht überflüssig erscheint. Man wird beim Experimentieren immer wieder auf diese Frage gestoßen, jedoch habe ich sie nicht weiter verfolgt.

Es wurde auch versucht, eine Bevorzugung des der Periodenzahl entsprechenden D.T. objektiv festzustellen. Zu diesem Zwecke wurden sowohl die Schwingungen einer Telephonmembran in einem Mikrophon-Telephonkreis[2]) als auch die Schwingungen einer unsymmetrisch belasteten Gummihaut[3]) unter der Einwirkung zweier Stimmgabeltöne von passendem Intervall photographiert. Die Analyse (mit dem Maderschen harmonischen Analysator) der so gewonnenen Schwingungskurven ergab jedoch nur in ganz wenigen Fällen das Resultat, daß der der Grundperiode entsprechende D.T. stärker war als andere D.T. niedrigerer Ordnung, so daß diese Versuche noch nicht beweisend sind. Freilich ist für unsere Überlegungen ein positiver Versuchsausfall vielleicht höher zu bewerten als zahlreiche negative.

4. Wir kommen jetzt zu der Besprechung der Frage, inwieweit die beobachteten Töne echte D.T. hoher Ordnung sind und inwieweit harmonische O.T. der Stimmgabeln mitwirken. Leider ist es nicht gelungen und wird auch nur schwer gelingen, hier völlige Sicherheit zu schaffen, weil die Prüfung unserer Gabeln auf harmonische O.T. hin äußerst schwierig ist. Wer mit der einschlägigen Materie vertraut ist, wird das leicht übersehen. Es seien deshalb nur zwei Punkte besonders hervorgehoben. Die etwaigen in Betracht kommenden O.T. nähern sich in ihrer Schwingungszahl zum großen Teil der Grenze der Hörbarkeit oder liegen gar oberhalb der Hörgrenze. Abgesehen von Fragen der Intensität kommt man schon aus diesem Grunde mit der Anwendung von Interferenzvorrichtungen nicht recht weiter. Außerdem

1) M. Wien, Arch. f. d. gesamte Physiologie **97**, 1, 1903.
2) E. Waetzmann, Zeitschr. f. Physik **1**, 271, 1920 u. **1**, 416, 1920.
3) J. D. Everett, Phil. Mag. (5) **41**, 199, 1896.

1) Diese Angabe verdanke ich Herrn E. Hantke, der mich bei der rechnerischen Behandlung des Problems freundlichst unterstützt hat.
2) E. Waetzmann, Ann. d. Phys. **42**, 729, 1913.
3) E. Waetzmann, Ann. d. Phys. **62**, 371, 1920.

tritt noch dadurch eine Komplikation ein, daß harmonische O.T. der Gabeln nicht nur physikalisch-objektiv in der Luft, sondern außerdem, auch bei rein sinusförmigen Luftschwingungen, nur physiologisch-objektiv im Ohre des Beobachters entstehen, gemäß der gleichen Helmholtzschen Theorie, aus welcher die Kombinationstöne abgeleitet werden. Für die Erzeugung unserer D.T. kommen diese O.T. freilich nicht in Betracht, aber die Möglichkeit ihrer Entstehung erschwert unsere Untersuchung wesentlich.

Nun läßt sich aber leicht übersehen, daß für die gesamte Theorie der resultierenden Töne die Entstehung physikalisch-objektiver O.T. an Stimmgabeln genau so interessant ist wie die Entstehung von D.T. gleicher Ordnung. Das ist auch der Grund, aus welchem eine Diskussion unserer Beobachtungsergebnisse lohnend erscheint, obwohl sie nicht völlig geklärt werden konnten.

Aus der Theorie der erzwungenen Stabschwingungen wäre das Auftreten der harmonischen O.T. an Stimmgabeln (von den Stielschwingungen[1]) können wir hier absehen) nicht zu verstehen. Dagegen hat F. Lindig[2]) in einer schönen Arbeit gezeigt, daß sich objektiv in der Luft existierende harmonische O.T. von Stimmgabeln aus dem gleichen quadratischen Kraftgesetz für die schwingenden Luftteilchen herleiten lassen wie die Kombinationstöne. Dabei legt aber Lindig das entscheidende Gewicht nicht auf große Elongationen, sondern auf die an der Grenze zwischen Stimmgabelzinke und Luft bestehende Asymmetrie in der Lagerung der Luftteilchen. Demgemäß bezeichnet er die so entstehenden O.T. als Asymmetrietöne. Lindig selbst hat nur die Oktave genauer beobachtet. Dagegen sind sonst schon mehrfach harmonische O.T. hoher Ordnung an Stimmgabeln beobachtet worden, freilich nur an tiefen Gabeln. So findet C. Stumpf[3]) bei einer größeren Zahl von Gabeln zwischen 100 und 700 Schwingungen mit schwebenden Hilfsgabeln nur noch die ersten drei O.T., während er bei einer 64-Gabel alle Teiltöne bis zum 12. feststellen konnte. Hierbei soll die Dicke der Zinken eine bedeutende Rolle spielen, was hauptsächlich mit der Größe der Elongationen zusammenhängt. Bei einer 880-Gabel mit Zinken von besonders großem Querschnitt (13,5 × 20 mm) war schon die Oktave kaum noch festzustellen.

1) E. Waetzmann, diese Zeitschr. **10**, 409, 1909.
2) F. Lindig, Ann. d. Phys. **11**, 31, 1903.
3) C. Stumpf, Wied. Ann. **57**, 660, 1896.

Bei unseren Königschen Gabeln variiert die Zinkenbreite von der tiefsten bis zur höchsten Gabel zwischen rund 24 und 20 mm, die Dicke an der Ansatzstelle der Zinken zwischen rund 25 und 14 mm, am Zinkenende zwischen rund 9 und 8 mm und die Länge zwischen rund 130 und 40 mm. Deshalb würde mit Rücksicht auf die Lindigsche Theorie die Entstehung harmonischer O.T. bis zur 5., 6. und selbst 7. Ordnung hier besonders interessant sein.

Zusammenfassend können wir sagen: Der innige Zusammenhang in der Entstehungsweise von Asymmetrietönen und von D.T. erschwert zwar aufs äußerste die Beantwortung der Frage, inwieweit die von uns beobachteten Töne D.T. 1. Ordnung zwischen Asymmetrietönen und inwieweit sie echte D.T. höherer Ordnung sind. Auf der anderen Seite ist aber diese Frage gerade infolge des erwähnten Zusammenhanges erst von sekundärer Bedeutung. Wichtiger für die Theorie ist, daß unter den genannten Umständen überhaupt resultierende Töne (Asymmetrietöne oder D.T.) von verhältnismäßig sehr hoher Ordnung beobachtet worden sind. Und ferner ist mit Rücksicht auf die Darlegungen in § 3 für die Theorie vielleicht nicht unwichtig, daß gerade derjenige D.T., dessen Schwingungszahl gleich der Periodenzahl der aus den P.T. Resultierenden ist, sehr leicht und in verhältnismäßig großer Stärke beobachtet wird.

5. Auf den ersten Blick könnte es scheinen, als müßten unsere Beobachtungsergebnisse unabhängig von der Höhenlage der P.T. wiedergefunden werden, wenn nur das P.T.-Intervall das gleiche bleibt. Das braucht aber nicht der Fall zu sein, denn die Erfahrung lehrt, daß die Intensität der D.T. im allgemeinen mit wachsender Höhenlage der P.T.-Intervalle sehr erheblich zunimmt. Der Helmholtzsche Ansatz zur Herleitung der K.T.

$$m\ddot{x} + k\dot{x} + a^2x + bx^2 = f \sin pt + g \sin qt$$

ergibt diese Abhängigkeit nicht. Jedoch läßt sie sich durch eine Zusatzüberlegung sehr wohl mit ihm vereinen, was bisher — nicht nur vom Verf., sondern auch in der sonstigen einschlägigen Literatur — übersehen worden ist.

Helmholtz hat die physikalische Frage nach der Art der erregenden Kräfte gar nicht in den Kreis seiner Betrachtungen gezogen, sondern hat sich mit dem rein formalen Ansatz zweier sinusförmigen Kräfte begnügt. Demgemäß kann er nur die Abhängigkeit der Intensität der D.T. von den P.T.-Amplituden, welche in dem erregten Massenpunkt hervor-

gerufen werden, finden. Diese Amplituden steigen aber ihrerseits mit den Schwingungszahlen der P.T. an, wenn die Amplituden der P.T.-Quellen konstant gehalten werden. Die beiden P.T.-Quellen, von welchen die auf den Massenpunkt (Trommelfell) einwirkenden Kräfte geliefert werden, seien z. B. zwei Telephonplatten mit den Kreisfrequenzen p bzw. q und den Amplituden A_1 bzw. A_2. Dann sind die auf das Trommelfell einwirkenden Kräfte die von den Telephonplatten am Trommelfell erzeugten periodischen Druckschwankungen, diese Druckschwankungen noch multipliziert mit der Fläche des Trommelfells. M. Wien[1]) hat die Druckschwankung δp berechnet, welche eine Telephonplatte (Radius R, Schwingungszahl n, Amplitude A) in einem Punkte in der Entfernung ϱ hervorruft. Es ist

$$\delta p = 0{,}147\, p_0 \frac{\varkappa}{c^2} 4\pi^2 n^2 A \frac{R^2}{\varrho} \sin 2\pi \left(nt - \frac{\varrho}{\lambda} + \varepsilon \right),$$

wobei $\varkappa$ das Verhältnis der spezifischen Wärmen, c die Schallgeschwindigkeit, λ die Wellenlänge und ε eine Phasenkonstante bedeuten. Also sind in dem Helmholtzschen Ansatz die erregenden Kräfte f und g proportional $p^2 A_1$ bzw. $q^2 A_2$ anzusetzen, und hieraus ergibt sich, wie die übliche Ausrechnung zeigt, die Amplitude von $p - q$ als proportional mit $p^2 q^2 A_1 A_2$, die von $2q - p$ als proportional mit $p^2 q^4 A_1 A_2^2$ usw. Es findet also ein sehr starkes Anwachsen der Intensität der D.T. mit wachsender Höhenlage der P.T. statt, falls[2]) hierbei A_1 und A_2 konstant gehalten werden. Für ebene, auf das Trommelfell auftreffende Wellen resultieren natürlich andere Werte für f und g; sie sind dann nur noch den ersten Potenzen von p bzw. q proportional.

Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß der hier aufgezeigte Zusammenhang zwischen der Intensität der D.T. und den Schwingungszahlen der P.T. auf ganz anderen Ursachen beruht als der Zusammenhang, der sich aus einem von C. Schaefer[3]) zur Herleitung der K.T. aufgestellten Ansatz ergibt.

1) M. Wien, Arch. f. d. gesamte Physiologie **97**, 1, 1903.

2) Auf die Notwendigkeit der besonderen Betonung dieses Punktes hat mich Herr Prof. C. Schaefer freundlichst hingewiesen.

3) C. Schaefer, Ann. d. Phys. **33**, 1216, 1910.

Breslau, Physikalisches Institut, 30. August 1922.

(Eingegangen 1. September 1922.)

Die Kapazitätsveränderlichkeit von Elektrometern mit drehbaren Zeigern oder Nadeln.

Von H. Hermann.

1. Noacksches Elektrometer (Blättchenelektrometer). Abhandl. z. Didaktik und Philosophie der Naturwiss., 2. Bd., Heft 4.

Bei stark gedämpften Meßinstrumenten, wie die Blättchenelektrometer sind, werden energetische Betrachtungen nur einfach, wenn die mechanischen Vorgänge sehr langsam sind. Der durch die Dämpfung in Wärme verwandelte Arbeitsanteil kann durch diese Annahme beliebig klein gemacht, und darf dann vernachlässigt werden.

Das Drehmoment der Schwere des gelenkig aufgehängten (Näheres a. a. O.), gestreckt bleibenden Blättchens sei bei wagerechter Lage (Ausschlag $\varphi = 90^0$), C (Zentimeter-Dynen oder im uneigentlichen Wortsinn Erg). Dann ist das Drehmoment für φ^0 Ausschlag

$$D = C \sin \varphi. \tag{1}$$

Die Arbeit beim Heben des Blättchens vom Ausschlag Null bis φ ist

$$A = \int_0^\varphi D\, d\varphi = C \int_0^\varphi \sin\varphi\, d\varphi = C\,(1 - \cos\varphi), \tag{2}$$

wie auch leicht unmittelbar aus dem Höhenzuwachs des Schwerpunkts zu entnehmen ist.

Die Kapazität des Instruments beim Ausschlag Null sei K_0. Würde das Blättchen kleben bleiben, so wäre die bei langsamer Aufladung aufgespeicherte elektrische Energie der Ladung L vom Potential V

$$W = \int_0^V L\, dV = \int_0^V K_0 V\, dV = \tfrac{1}{2} K_0 V^2.$$

Schlägt das Blättchen aus, so vermehrt sich K_0 um den positiven Zuwachs $\Delta K = K - K_0$, da die Ladung sich dann weiter ausbreiten kann. Die aufgespeicherte Energie ist also in diesem Falle größer um

$$\Delta W = \tfrac{1}{2} \Delta K V^2 \tag{3}$$

Nach dem Energieprinzip ist $A = \Delta W$, woraus sich ergibt

$$\Delta K = \frac{2C\,(1 - \cos\varphi)}{V^2}. \tag{4}$$

Beim Noackschen Elektrometer (halbzylindrisches Gehäuse) ist V^2 genähert eine einfache analytische Funktion des Ausschlags, näm-

lich (s. a. O. S. 4, jedoch mit andrer Buchstabenverwendung)

$$V^2 = m \sin\varphi \operatorname{tg}\varphi ,$$

folglich

$$\Delta K_{\text{Noack}} = \frac{1 - \cos\varphi}{\sin\varphi \operatorname{tg}\varphi} \cdot \frac{2C}{m} .$$

C ist von der Größenordnung 1 Erg zu schätzen, m wird, wenn V in statischen cgs-Einheiten gemessen wird, von der Größenordnung 4. Somit ist für den großen Ausschlag 52° (welcher $\sin\varphi \operatorname{tg}\varphi$ zu 1 macht) etwa $\Delta K = 0{,}2$ cm.

K ist für das Noacksche Instrument = 13 cm (a. a. O. S. 31); die Kapazität ist also um etwas über 1 Proz. veränderlich[1]).

2. Braunsches Elektrometer (Zeitschr. f. phys. u. chem. Unterr. XX; diese Zeitschr. **8**, 1907; **10**, 1909).

Beim Braunschen Elektrometer empfindlichster Art, Meßbereich 1500 Volt, ist das Drehmoment des Zeigers bei wagrechter Lage,

φ	6°30′	12°	18°	24°10′	30°5′	35°10′	40°5′	44°30′	48°20′	51°50′	55°10′	58°15′	61°	63°25′	
V beob.	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	Volt
V ber. I	204	303	400	502	600	693	793	892	992	1092	1197	1330	1456	—	„
V ber. II	—	—	—	478	590	694	799	901	998	1095	1195	1299	1401	1500	„

1) Die hohe Kapazität (verursacht durch die Nachbarschaft des ungewöhnlich breiten Blättchenträgers und der ebenen senkrechten Gehäusewand) ist der Nachteil, mit welchem die günstige Ausschlagsfunktion erkauft ist. Letztere läßt sich umkehren, wie folgt: man setze

$$V^2 : m = x ; \quad \cos\varphi = u ;$$

so ist

$$x = \sin^2\varphi \cdot \cos\varphi = \frac{1 - u^2}{u} ;$$

also

$$u^2 + ux - 1 = 0 ,$$

$$u = \sqrt{\frac{x^2}{4} + 1} - \frac{x}{2} ; \quad 1 - u^2 = x\sqrt{\frac{x^2}{4} + 1} - \frac{x^2}{2} ,$$

$$\varphi = arc\cos\left\{\sqrt{\frac{x^2}{4} + 1} - \frac{x}{2}\right\} .$$

2) Herr Mechaniker Bühler, der jetzige Inhaber der Albrechtschen Werkstätte, liefert auf meine Anregung das Elektrometer auch ungeeicht mit Gradteilung. Bei der Preisstellung wird ein Friedenspreis von 38 Mark zugrunde gelegt.

ermittelt durch Auflegen eines Milligrammlaufgewichtchens

$$C = 1{,}79 \text{ Erg.}$$

Die Abhängigkeit des Potentials V vom Ausschlag φ läßt sich bei dem Modell der Albrechtschen Werkstatt in Tübingen, mit deren Werkführer Braun gearbeitet hat, bei der seit langem (abweichend von den Abbildungen der ersten Abhandlung) üblichen Bauart mit zylindrischem Gehäuse durch folgende Formeln darstellen

I $V = \operatorname{tg}\varphi\,(3{,}23 + \sqrt{10{,}42 + 25{,}5 \operatorname{ctg}\varphi})$ Hektovolt; brauchbar von 200 bis 1200 Volt,

II $V = \sqrt{\operatorname{tg}\varphi\,(13 + 1{,}566\,\varphi)}$ Hektovolt, φ in Grad gemessen; von 700 bis 1500 Volt.

Keine der beiden Formeln umfaßt den ganzen Meßbereich; sie haben jedoch vor einer solchen, die sich wohl finden ließe, den Vorzug der Einfachheit. Folgende Tafel, welche die Brauchbarkeitsgrenzen und Genauigkeiten beider Formeln zeigt, erspart zugleich die Anschaffung geeichter Instrumente[2]).

Unter Verwendung der Formel II wird, wenn sie für statische V-Einheiten umgeschrieben wird, aus Gl. (4)

$$\Delta K = 32 \cdot \frac{1 - \cos\varphi}{\operatorname{tg}\varphi\,(13 + 1{,}566\,\varphi)} ;$$

der Meistwert 0,08 cm oder 1 Proz. von K[3]).

3. Idiostatisches Zeigerbinantelektrometer (Graetz, Handb. d. El. **1**, 119; Ann. d. Phys. **26**, 312—328; Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1908).

Dieses Instrument hat als Nadelaufhängung einen Platinfaden von 5 cm Länge und 10 Mikron Dicke. Das Drehmoment eines solchen ist das Produkt aus Drehstarre (Direktionskraft) und

3) Zum praktischen Gebrauch ungeeichter Braunscher Elektrometer ist folgende Tafel bestimmt:

φ in Grad	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
V in Volt	264	351	432	514	599	697	799	914	1048	1189	1364	1591	1836 (extrapoliert nach II)
ΔV	87	81	82	85	98	102	115	134	145	175	227	245	
$P \cdot P'$ 30′	9	8	8	8	10	10	11	13	14	17	23	24	
1°	17	16	16	17	20	20	23	27	29	35	45	49	
1°30′	26	24	25	25	29	31	34	40	43	52	68	73	
2°	35	32	33	34	39	41	46	54	58	70	91	98	
2°30′	43	40	41	42	49	51	57	67	72	87	113	122	
3°	52	49	50	51	59	61	69	80	87	105	136	147	
3°30′	61	57	58	59	69	71	80	94	101	122	159	171	
4°	70	65	66	68	78	82	92	107	116	140	182	196	
4°30′	78	73	75	76	88	92	103	121	130	157	204	220	

analytisch gemessenem Ausschlag α; die Drehstarre $\mathfrak{D}$ ist (nach Kohlrausch, Prakt. Physik, Tafel 20 und Ziff. 55 berechnet) 0,2 (Erg für das Radian); also wird Gl. (1) hier

$$D = 0{,}2\,\alpha \qquad (1\,a)$$

oder bei Messung in Grad

$$= 0{,}035\,\varphi. \qquad (1\,b)$$

Die Arbeit bei der Verdrillung des Fadens vom Ausschlag Null bis α ist

$$A = \int_0^\alpha D\,d\alpha = 0{,}1\,\alpha^2 = 3\cdot 10^{-5}\varphi^2. \qquad (2\,a,\,b)$$

Somit wird die Kapazitätsänderung

$$\Delta K = \frac{0{,}2\,\alpha^2}{V^2} = \frac{6\cdot 10^{-5}\varphi^2}{V^2}. \qquad (4\,a,\,b)$$

Nun ist die Ausschlagsgleichung des Instruments für Gradablesung (a. a. O. oder Drucksache Bartels-Göttingen, Elektrostatische Meßinstrumente, S. 10)

$\varphi = 0{,}0372\,V^2$ in Volt gemessen,
$= 9350\,V^2$ in stat. Einheiten gemessen,

folglich die Kapazitätsänderung

$$\Delta K = 6\cdot 0{,}0335\,\varphi = 0{,}2\,\varphi \text{ cm};\ \varphi \text{ in Grad.}$$

Da φ bis 100 reichen kann, ist diese Schwankung trotz der großen Gesamtkapazität des Instruments beträchtlich; ihr Meistwert 50 Proz.

4. Heterostatisches Spiegelbinantelektrometer.

Der Platinfaden dieses Instruments ist 10 cm lang; daher bei 10 Mikron Dicke das Drehmoment

$$D = 0{,}1\,\alpha. \qquad (1\,c)$$

Die Verdrillungsarbeit ist hier

$$A = 0{,}05\,\alpha^2. \qquad (2\,c)$$

Somit wird die Kapazitätsänderung

$$\Delta K = \frac{0{,}1\,\alpha^2}{V^2}. \qquad (4\,c)$$

Nun ist die Ausschlagsgleichung des Instruments, berechnet aus den a. a. O. zu findenden Angaben

$$\alpha = 346\,\mathfrak{V}V,$$

wo $\mathfrak{V}$ und V die Nadel- und Schachtelspannung in statischen Einheiten gemessen bedeutet, folglich die Kapazitätsänderung

$$\Delta K = 0{,}1\,(346\,\mathfrak{V})^2.$$

Mißt man $\mathfrak{V}$ in Volt, so wird sie

$$\Delta K = 0{,}1\,(1{,}15\,\mathfrak{V})^2 = 0{,}13\,\mathfrak{V}^2.$$

Die Kapazität des heterostatischen Binantelektrometers ist somit unabhängig vom Nadelausschlag, dagegen abhängig von der Hilfsspannung. Sie unterscheidet sich von der Kapazität, welche das Instrument bei festgehaltener Nadel haben würde, um 13 Proz. des Hilfsspannungsquadrats in Volt, ist also z. B. bei 10 Volt Hilfsspannung um 13 cm größer als bei festgehaltener Nadel. Somit unterscheidet sie sich bei verschiedenen Hilfsspannungen um 13 Proz. der Voltquadratdifferenzen der Hilfsspannungen.

5. Ermittlung von K_0 aus Ladungsteilungen.

Da die Ausdrücke ΔK alle unabhängig von K_0 dargestellt worden sind, ist die Ermittlung von K_0 für ein Elektrometer der untersuchten Arten aus einer Ladungsteilung sehr einfach. Ist das Kapazitätsnormal k, das Potential vor der Teilung V_1, nachher V_2, so ist die Ladung

$$V_1(K_0 + \Delta K_1) = V_2(K_1 + \Delta K_2 + k),$$

woraus

$$K_0 = \frac{(k + \Delta K_2)V_2 - \Delta K_1 V_1}{V_1 - V_2}.$$

Verwickelter wird die Arbeit bei wiederholter Ladungsteilung; man wird dann am besten alle Zwischenpotentiale beobachten und jede Teilung für sich berechnen. Will man das nicht, so erhält man, wenn man die Berechnung in üblicher Weise nach der Formel

$$K = k:\left(\sqrt[n]{\frac{V_1}{V_n}} - 1\right)$$

vornimmt, einen Mittelwert, welchen man um den Mittelwert der Größen ΔK_1 und ΔK_n vermindern muß, um einen Näherungswert für K_0 zu erhalten.

Tübingen, August 1922.

(Eingegangen 13. August 1922.)

Nachtrag zu meiner Arbeit: Versuche über das Nachleuchten von Röhren mit verdünnten Gasen. (Diese Zeitschr. **23**, 229—232, 1922.)

Von A. Steichen.

Herr Prof. K. Przibram, Wien, hat die Freundlichkeit gehabt, mich darauf aufmerksam zu machen, „daß ganz ähnliche Versuche auch schon mit der richtigen Erklärung als Kondensatorwirkung der Entladungsröhren sich bei Cavallo: Vollständige Abhandlung von der Elektrizität, Leipzig, 1779, S. 154 und 169 finden. Die Erscheinung ist ferner erwähnt in P. Rieß: Reibungselektrizität und O. Lehmann: Die elektrischen Lichterscheinungen oder Entladungen, Halle 1898, S. 21".

Die von Herrn Prof. Przibram erwähnten Arbeiten sind hier in Bombay nicht zu haben und waren mir deshalb unbekannt.

Bombay (Indien), St. Xavier's College, August 1922.

(Eingegangen 22. August 1922.)

Bemerkung zu der Notiz von Frl. L. Meitner zu der Mitteilung von Herrn P. Valeras.

Von Maximilian Camillo Neuburger.

In ihrer Notiz[1]) zu der Mitteilung von Herrn P. Valeras gibt Frl. L. Meitner ein ungerechtfertigtes Werturteil ab, indem dort gesagt wird, daß meine Abhandlungen über den Bau der Atomkerne durch E. Rutherfords Widerruf der Existenz von He_3 wohl als widerlegt betrachtet werden müssen.

Die von mir angegebene allgemeine Kernformel verlangt aber gar nicht, daß die Atomkerne des Isoheliums, bzw. das Isohelium selbst, frei existieren müssen. Die Kernformel fordert nur, daß die beiden Urbausteine — H^+- und β-Teilchen — in den Atomkernen teilweise dichter beieinander befindlich sind, also daß einige dieser Urbausteine sich zu Gruppen zusammenschließen. Eine Gruppe von 3 Wasserstoffkernen (H^+) und einem Elektron (β) stellt eben das α_t-Teilchen dar, bzw. wäre dem Atomkern des Isoheliumatoms sehr ähnlich und kann daher als solches ($A = 3$, $z = 2$) für zahlenmäßige Betrachtungen auch behandelt werden. Daß die α_t-Teilchen aber ebenso wie die α-Teilchen frei existieren, bzw. die Atomkerne eines frei existenzfähigen Elements (wie das Helium) sein müssen, kann man aus meiner Kernformel nicht ableiten, da diese freie Existenz in keinem Zusammenhang mit meiner, mit den Experimentalergebnissen in bestem Einklang befindlichen Kernformel steht.

Die Existenz von solchen Gruppen u. a., wie ich sie hier anführe, ist nicht erst jetzt von mir — weil die α_t-Teilchen nach Rutherford[1]) nicht frei existieren — als Rettungsanker eingeführt worden. Schon seit einigen Jahren wurde diese Annahme von verschiedenen Autoren, insbesondere von A. van den Broek in die physikalische Literatur eingeführt.

In früheren Arbeiten habe ich allerdings die Annahme gemacht, daß Rutherfords erstes Ergebnis richtig ist, und daher auch das α_t-Teilchen frei existiert. Diese Annahme war aber nur auf das Experimentalergebnis von Rutherford und nicht auf meine Kernformel gestützt.

Die Nichtexistenz des Isoheliums als freies Element ist somit auf meine Darstellung des Feinbaus der Atomkerne ohne Einfluß. Meine Arbeiten über den Bau der Atomkerne werden davon nicht berührt, da die von mir angegebene allgemeine Kernformel hiervon unabhängig ist.

1) E. Rutherford, Nature **109**, 584, 614, 1922.

Wien, 18. August 1922.

(Eingegangen 24. August 1922.)

Bemerkungen zu einer als Beugungsinterferenz beschriebenen Beobachtung.

Von R. E. Maier.

Gegenüber der von Noack[1]) gemachten Mitteilung über eine Beugungsinterferenz in der Villardschen Anordnung durch Anwendung einer Rasierklingenschneide an Stelle des Pinsels kann man aus experimenteller Nachprüfung zunächst folgende Feststellungen machen:

1. Bei der von Noack angewendeten Vergrößerung zeigt sich schon im Schattenbild der Klinge selbst bei besten Linsenkonstruktionen, daß absolut scharfe Grenzen zwischen Hell und Dunkel nicht mehr zu erhalten sind, daß vielmehr feine Streifen auftreten, die ihrem Charakter nach von

1) P. Valeras, Das Neuburgersche Kernmodell und die Erfahrung. Diese Zeitschr. **23**, 304—305, 1922; L. Meitner, Notiz zur vorstehenden Arbeit. Diese Zeitschr. **23**, 305, 1922.

1) Karl Noack, Eine eigentümliche Beugungsinterferenz. Diese Zeitschr. **23**, 228, 1922.

Interferenz, Beugung oder dergleichen irgendwo in der Projektionslinse herrühren müssen. Die beste Linsenkonstruktion muß, ja unter den Bedingungen dieser Versuchsverhältnisse die Reste ihrer Abweichungen von einer absolut idealen Abbildungsvorrichtung irgendwie zum Ausdruck bringen.

2. Nach Anbringung des Villardschen Blendschirmes beobachtet man nicht das von Noack beschriebene und in einer Abbildung wiedergegebene Phänomen; insbesondere tritt nicht das breite der Schirmkante parallele Lichtband auf, das Noack erwähnt, sondern nur fast gleich breite, feine Farbenstreifen, die ihrem Eindruck nach ihre Ursache wesentlich in nichts anderem haben, wie die unter (1) erwähnten Streifen.
3. Die von Noack beschriebene Erscheinung tritt erst auf, wenn man von der bestmöglichen Scharfeinstellung eine beträchtliche Abweichung vornimmt. Mit einem Zeiß-Tessar (1 : 4,5) 9 cm wurde vom Verfasser dieser Notiz ein mit der Noackschen Abbildung übereinstimmendes Bild erst erhalten, als bei festgehaltener Schirmentfernung die Entfernung zwischen Rasierklingenschneide und Linse um ca. 2,5 mm verlängert worden war.

Zum Villardschen Versuch selbst, von dem Noack ja in seiner Notiz auch eine kurze Beschreibung und Erklärung gegeben hat, kann man bei eingehender experimenteller Prüfung zunächst feststellen:

1. Die Erscheinung des Positivbilds ist nur ganz unwesentlich abhängig vom bisher genau vorgeschriebenen Ort und der Größe des Blendenschirmchens. Bei geeigneter Wahl der Versuchsbedingungen kann man das Blendenschirmchen statt im vorgeschriebenen Abstand der doppelten Brennweite in dem der einfachen anbringen, seine Größe um 50 ja 100 Proz. steigern (Noack gibt an, es dürfe nur um Bruchteile eines Millimeter größer sein), ohne daß für das Auge merkliche Veränderungen des Positivbilds auftreten.
2. Wählt man Versuchsbedingungen, unter denen ein Einfluß der Lage und Größe des Blendenschirmchens am Positivbild sichtbar wird, so ist das tatsächlich am Bilde Beobachtbare einfach mittels der geometrischen Abbildungslehre erklärbar, indem die Pinselhaare durch die Beleuchtung der Projektionslampe selbst auch leuchtend, teilweise auch durchscheinend werden und sich dadurch mittels der Projektionslinse auf dem Schirm in gewöhnlicher Weise abzubilden vermögen. Für in der Nähe der Achse befindliche Punkte kann das Blendschirmchen entweder nur die Helligkeit des Bildes herabsetzen oder unter Umständen auch ganz verhindern. Für mehr seitlich liegende Punkte dagegen kann das Blendschirmchen schon ganz außerhalb der Randstrahlen fallen, so daß nicht einmal eine Herabsetzung der Bildhelligkeit mehr eintritt.
3. Beleuchtet man den Pinsel des Villardschen Versuchs statt durch die zugehörige Projektionslampe durch eine seitlich aufgestellte Bogenlampe oder ersetzt man den Pinsel direkt durch einen Selbstleuchter, so erhält man Bilder, welche den Einfluß des Blendschirmchens in genau derselben Weise erkennen lassen, wie man sich dieselbe schon auf Grund der geometrischen Abbildungslehre genau wie unter (2) vorstellen kann.

Wer an Stelle des Pinsels exaktere Versuchsbedingungen wählt und sich genau über alle beim Villardschen Versuch hereinspielenden Einflüsse Rechenschaft gibt, wird zur Überzeugung kommen, daß der Villardsche Versuch kein wahrer Beugungsversuch ist. Wo tatsächlich dabei Erscheinungen beobachtbar sind, welche mit Beugung und Interferenz zu tun haben oder aus beiden zusammengesetzt sein mögen, rühren sie in Beziehung auf das Wesentliche von nicht exakten Versuchsbedingungen her, wie es nicht mögliche oder nicht geschehene exakte Scharfeinstellung, Abweichungen der Linse von einer absolut vollkommenen Abbildungsvorrichtung und andere Nebeneinflüsse sind. In einer kürzeren Notiz können selbstverständlich von der großen Zahl der tatsächlichen Feststellungen, welche die ausgesprochene Überzeugung völlig einwandfrei zu begründen vermögen, nur einige angeführt bzw. angedeutet werden. Es muß daher unter Umständen einer ausführlicheren an anderem Ort zu geschehenden Veröffentlichung vorbehalten bleiben, das Ausgesprochene in für jedermann überzeugender Weise darzustellen.

Stuttgart, 2. August 1922.

(Eingegangen 8. August 1922.)

BESPRECHUNGEN.

P. Gruner, Elemente der Relativitätstheorie (Kinematik und Dynamik des eindimensionalen Raumes). 8°. 80 S. (1 Tafel.) Bern, Paul Haupt. 1922.

Gruner gibt in zwei Kapiteln eine knappe Darstellung der speziellen und der allgemeinen Relativitätstheorie. Er benutzt fast ausschließlich eindimensionale Probleme, was eine anschauliche Ableitung und Interpretation der Resultate ermöglicht.

Nach einer kurzen Besprechung der Raum- und Zeitmessung auf Grund von Koinzidenzen wird der Widerspruch zwischen dem Galileischen Relativitätsprinzip und der Lorentzschen Elektrodynamik (Ruhender Äther) dargelegt. Derselbe löst sich, wenn man auf Grund des Michelsonschen Versuches die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit postuliert. Diese Forderung, zusammen mit dem Relativitätsprinzip der Mechanik, führt zur Einsteinschen Theorie. Eigenartig für das Buch ist die folgende geometrische Ableitung der Lorentztransformation. Dieselbe ergibt sich sehr elegant mit Benutzung eines Paars von Koordinatensystemen, deren Achsen in einer $(x, u = ct)$-Ebene wechselseitig orthogonal aufeinander und symmetrisch zum Lichtkreuz (Lichtkegel) liegen. Es folgen in bekannter Weise das Additionstheorem usw. Die neue Dynamik wird, in Anlehnung an Planck, aus dem Prinzip der kleinsten Wirkung gewonnen, wobei die Invarianz der Wirkungsgröße für jedes Zeitelement gefordert ist.

Auch die allgemeine Relativität wird mit Hilfe von geometrischen Überlegungen eingeführt. Formulierung der Invarianzbedingung für die Eigenzeit nach Minkowski und Übergang zu krummlinigen Koordinatensystemen (nichteuklidische Geometrie) durch Zulassung von, mit den Koordinaten veränderlichen Komponenten des metrischen Fundamentaltensors charakterisieren die Ausführung. Die Dynamik wird eingeleitet durch eine Diskussion der physikalischen Ursachen der Trägheitskräfte und die Hypothese begründet, daß dieselben durch Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Massen entstehen. Aus der Tatsache, daß Gravitation und Scheinkräfte, im Gegensatz zu den elektromagnetischen, beide nur von der Masse abhängen (Gleichheit von schwerer und träger Masse) wird auf ihre Identität geschlossen. So ergibt sich das Äquivalenzprinzip. Zum Schluß wird noch gezeigt, wie das Gravitationspotential mit dem metrischen Fundamentaltensor zu verknüpfen ist (erstes Grundgesetz) und daß an Stelle der Trägheitsbewegung eines kräftefreien Massenpunktes die Bewegung auf eine geodätische Weltlinie tritt (zweites Grundgesetz). Die näherungsweise Integration der Grundgleichung für ruhende Massenpunkte wird nur angedeutet.

Jedem, der rasch einen Einblick in die Probleme der Relativitätstheorie gewinnen will, ist das schöne Buch sehr zu empfehlen. F. Zwicky.

Franz Exner, Vorlesungen über die physikalischen Grundlagen der Naturwissenschaften. gr. 8°. XIX u. 734 S. m. 97 Abbildungen im Text. Zweite vermehrte Auflage. Leipzig u. Wien, Fr. Deuticke. 1922.

Die Vorlesungen, die hier veröffentlicht werden, sind während des Krieges entstanden. „In ernsten und schweren Zeiten flüchtet man gern auf ein Gebiet, das menschlicher Willkür völlig entrückt ist". Daß in diesem Sinne das vorliegende Buch einem starken und allgemeinem Bedürfnis entgegenkam, ergibt sich daraus, daß es schon wenige Monate nach seinem Erscheinen vergriffen war. Die vorliegende zweite, etwas vermehrte Auflage wird in der zwar veränderten, aber durchaus nicht besseren Zeitlage in gleicher Weise auf alle seine Leser wirken. Es steht dadurch in vollem Gegensatz zu dem Buche Spengiers: Der Untergang des Abendlandes. Der Verfasser nennt es in der Vorrede zu dieser zweiten Auflage mit Recht dessen „Gegenpol" und begründet das ausführlich. Während die subjektivistische Weltbetrachtung Spenglers aus intuitiv gegebenen, uns heute vielleicht als selbstverständlich erscheinenden Voraussetzungen, „Urphänomenen", weitgehende Schlüsse zieht, obgleich eine solche Methode sich gar oft, wenn die Urphänomene sich als falsch erwiesen, als Irrweg erwies, sollen diese Vorlesungen zeigen, wie die Physik die Aufgabe löst, die Eigenschaften der physischen Welt rein objektiv und unabhängig vom Subjekt darzustellen, indem sie sich nicht wie der Subjektivismus auf sogenannte Denknotwendigkeiten stützt, sondern jeden Schritt und jede Annahme, die sie macht, scharf kritisch auf seine Zuverlässigkeit prüft. Wenn aus Spenglers Methode sich der Untergang der Kulturen ergibt, so zeigen diese Vorlesungen, wie in der Physik der Menschengeist einen Weg gefunden hat, der sicher begründet und befestigt immer aufwärts führt. Dadurch wird jeder, der das Buch liest, neben dem ästhetischen Genuß an der formvollendeten und schön gegliederten Darstellung auch innere Befriedigung und Beruhigung in der Unruhe unserer Zeit finden.

Der Inhalt des Buches umfaßt die ganze Physik, aber nicht in der üblichen systematischen Darstellung, sondern so wie es der innere Zusammenhang der äußerlich so sehr verschiedenartigen physikalischen Phänomene in ihren Anwendungen auf die Naturwissenschaften erfordert, werden die Methoden und Tatsachen der Physik, ihre Gesetze und Hypothesen verwendet. Dabei führt die Darstellung, sorgfältig Tatsachen und Hypothesen trennend und die Grundlagen und die Methoden der physikalischen Erkenntnis kritisch prüfend, bis zu den tiefsten Gründen der Forschung und vermittelt auch da durch Klarheit und Einfachheit dem Nichtphysiker gutes Verständnis füt diese schwierigen Fragen. Da alles Naturgeschehen in Raum und Zeit erfolgt, so werden diese zunächst im ersten Abschnitt behandelt. An diesen uns so geläufigen und fast selbstverständlichen Begriffen wird gezeigt, wie unzulänglich sie bei tiefer gehender Forschung werden und wie sie zu Widersprüchen führen, sobald Geschwindigkeiten in Frage kommen, die der Lichtgeschwindigkeit sich nähern. So ergibt sich eine einfache Einführung in die Relativitätstheorie, die auch dem Laien das Wesen derselben verständlich macht. Daran schließt sich der Begriff der Kraft, erläutert aus der allgemeinen Gravitation, die Energie, der erste und zweite Hauptsatz, die Entropie und ihr Zusammenhang mit der Wahrscheinlichkeit. Der zweite Abschnitt behandelt die Materie und ihre Konstitution, wo die moderne Atomtheorie sehr sorgfältig begründet und in ihren Anwendungen behandelt wird. Dann folgt ein Kapitel über den Äther, das die Wellenlehre des Lichtes, die Strahlungsgesetze und die Bohrsche Theorie enthält. Den Schluß bildet ein Abschnitt über die Naturgesetze, der, alles Vorhergehende zusammenfassend, zeigt, wie die exakten physikalischen Gesetze Durchschnittsgesetze sind, die streng nur im Makrokosmos gelten ebenso

wie das Kausalitätsgesetz, daß es absolute Gesetze ebensowenig wie einen absoluten Raum und eine absolute Zeit gibt, daß im Makrokosmos nur das statistische Zusammenwirken der im Mikrokosmos vorgehenden unendlich vielen zufälligen Ereignisse zu beobachten ist.

Der allgemein verbreitete Wunsch nach allgemeinverständlicher Aufklärung über die neueren Probleme der Physik, die die Grundlagen dieser Wissenschaft so stark umgestaltet haben, aber auch ihre Anwendungen in den Naturwissenschaften beeinflussen, kann nicht besser und gründlicher befriedigt werden als durch das Studium des vorliegenden Buches. Aber auch der Physiker wird es mit Genuß lesen.

E. Götting.

G. Hamel, Grundbegriffe der Mechanik. Aus Natur und Geisteswelt. Bd. 684. 8°. 132 S. mit 38 Fig. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner. 1921. M. 2.80, geb. M. 3.50 u. Teuerungszuschlag.

Vom Energieprinzip ausgehend, leitet der Verfasser die Sätze der allgemeinen Mechanik ab. Im zweiten Kapitel wird, mit dem Begriff des Vektors, Kraft, Geschwindigkeit und Beschleunigung eingeführt. Als Anwendungen des Newtonschen Gesetzes folgen Fall und Wurf im luftleeren Raum, sowie das Planetenproblem mit Zahlenbeispielen. Besonders zu begrüßen sind die einfachen Anwendungen des Schwerpunkt- und Flächensatzes. Nach der elementaren Behandlung von Reibung, Luftwiderstand und Stoß, folgt noch die Untersuchung der Relativbewegung.

Die Begriffe der Differentialrechnung sind direkt aus der Anschauung entwickelt. Studierenden an Hochschulen ist das Büchlein zu empfehlen; weil es geeignet ist, die mechanische Anschauung zu fördern.

Moos.

G. Jäger, Theoretische Physik IV. Elektromagnetische Lichttheorie und Elektronik. 146 S. m. 17 Abbildungen. 3. verbesserte Auflage. (Sammlung Göschen Nr. 374.) Vereinigung wissenschaftlicher Verleger Walter de Gruyter & Co. Berlin und Leipzig 1921. Preis M. 9.—.

Die neue Auflage weicht von der früheren Form kaum ab. Es wurden nur kleine Zusätze und Streichungen und hie und da sachliche und stilistische Verbesserungen angebracht.

Das Werk behandelt zunächst die Grundgesetze der elektromagnetischen Lichttheorie in Isolatoren und der Strahlung nach klassischen Methoden, ohne daß Verfasser dabei auf die modernen Entwicklungen der theoretischen Physik eingeht. Im letzten Abschnitt kommt Verfasser auf die Haupttatsachen der Elektronik, auch hier nur in den Grundlagen zu sprechen.

Ich kann nur den Wunsch nach vollständig neuer Umarbeitung des ganzen Werkes im Sinne einer modernen theoretischen Physik wiederholen.

H. Falkenhagen.

Berichtigung

zu F. London, Die Bedingungen der Möglichkeit einer Maßbestimmung in einer physikalischen Mannigfaltigkeit und das Prinzip der Ähnlichkeit. Diese Zeitschr. **23**, 262, 1922: Die Transformationsformel Seite 267 muß lauten:

$$\nu_1 = c \cdot t h \nu_{II}.$$

Berichtigung zu: Thornton C. Fry, Theorie des binauralen Hörens nebst einer Erklärung der Hornbostel-Wertheimerschen Konstanten (diese Zeitschr. **23**, 273, 1922).

S. 273, 2. Spalte, Z. 14 statt: „die Theorie in dieser Form" lies: „diese Theorie". Zeile 24, 25 statt: „ausgehend von einer wirklichen Schallquelle, den Beobachter im Punkte P ohne" lies: ausgehend von einer wirklichen Schallquelle im Punkte P, den Beobachter ohne".

S. 274, 1. Spalte, letzte Zeile und 2. Spalte, erste Zeile statt: „von ein und derselben Druckwelle ausgehen", lies: „von identischen Druckwellenzügen erzeugt werden".

S. 275, 1. Spalte, Zeile 14 statt: „Telephontransformators" lies: „Mikrophon". Zeile 3 von unten statt: „allein" lies: „eindeutig". 2. Spalte, Zeile 24 und 25 von unten statt: „konnte zurückgewiesen werden" lies: „ist zurückgewiesen worden".

S. 276, 2. Spalte, Zeile 27 statt: „Weglängen" lies: „Wegunterschiede", ebenso Zeile 6 von unten statt: „die Weglänge" lies: „der Wegunterschied".

S. 277, 1. Spalte, der zweite Satz in dem Abschnitt: „Schlußfolgerung" muß richtig heißen: „Wir sehen daher keine unbeträchtliche Stütze zugunsten der Phasentheorie in der Tatsache, daß kein einziges sicher begründetes Beobachtungsergebnis, das zur Kenntnis von Herrn Hartley oder mir gekommen ist, qualitative Unstimmigkeiten mit ihr gezeigt hat und daß, so weit quantitative Untersuchungen angestellt worden sind, dieselbe Behauptung gemacht werden darf".

Personalien.

(Der Herausgeber bittet die Herren Fachgenossen, der Schriftleitung von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Habilitiert: An der Technischen Hochschule Danzig Dr. F. A. Henglein für physikalische und allgemeine Chemie, am University College in Swansea Dr. J. A. V. Butler für Chemie, an der Universität Greifswald Dr. Eberhard Mauz für angewandte Physik, an der Technischen Hochschule München Dr. Georg Joos für Physik.

Ernannt: Der Privatdozent an der Universität München Dr. Hans Lecher zum a. o. Professor für organische Chemie an der Universität Freiburg, der a. o. Professor an der Universität München Dr. Artur Rosenthal zum etatsmäßigen a. o. Professor der Mathematik an der Universität Heidelberg, Dr. Lothar Birkenbach zum ord. Professor der Chemie an der Bergakademie Clausthal, Ing. Endre Berner zum Dozenten der Chemie an der Technischen Hochschule in Trondhjem, der ord. Professor der Chemie an der Universität Greifswald Dr. Jakob Meisenheimer in gleicher Eigenschaft an der Universität Tübingen, der ord. Professor der Philosophie an der Universität Kiel Dr. Moritz Schlick in gleicher Eigenschaft an der Universität Wien, der Vorstand der Organischen Abteilung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Faserstoffchemie in Berlin-Dahlem Dr. B. Helferich zum Vorsteher der Organischen Abteilung am Chemischen Insitut der Universität Frankfurt a. M., Chemiker Dr. Noddack zum Regierungsrat bei der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin, der Regierungslandmesser Dr. Erich Brennecke in Berlin zum Observator am Geodätischen Institut in Potsdam, der a. o. Professor für analytische Chemie an der Universität München Dr. Otto Hönigschmid zum etatsmäßigen ord. Professor ebenda, der Privatdozent an der Bergakademie Clausthal Dr. G. F. Hüttig zum a. o. Professor für anorganische und physikalische Chemie an der Universität Jena.

Verliehen: Dem etatsmäßigen a. o. Professor für theoretische Physik an der Universität Würzburg Dr. Friedrich Harms Titel, Rang und Rechte eines ordentl. Professors.

Gestorben: Der Direktor der Chemisch-Technischen Reichsanstalt Geh. Regierungsrat Professor Dr. E. Bergmann.

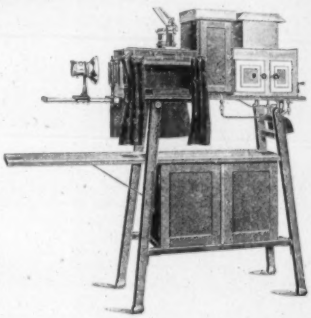
Für die Schriftleitung verantwortlich Dr. Hans Küstner in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

MAX KOHL A.G. Chemnitz

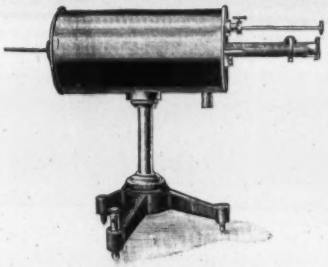
Volleingezahltes
= Kapital =
Mk. 2400000.

Physikalische Apparate
Funken-Induktoren
Ölluftpumpen
Experimentier-Schalttafeln
Projektions-Apparate
Laboratorienmöbel
in gediegener Ausführung.

Weltausstellung Brüssel 1910: 4 Große Preise; Turin 1911: 2 Große Preise; Dresden 1911: Großer Preis.



Kohls Megadiaskop. Projektions-Apparat für alle im Unterricht gebräuchlichen Projektionsarten, z. B. für durchfallendes Licht, für auffallendes Licht, für Mikroprojektion, Spektral-, Polarisations-Interferenzerscheinungen usw.



Apparate für luftelektrische und radioaktive Untersuchungen.
Normalbatterie für elektrostatische Messungen.
Kondensatoren, Mikrowage.
Erdbebenregistrierapparate.

Spindler & Hoyer G.m.b.H.
Mechan. u. opt. Werkstätten
Göttingen 3.

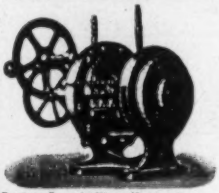
CARL LEISS
OPTISCHE ANSTALT
BERLIN-STEGLITZ
STUBENRAUCH-PLATZ 1

Spektroskope
Spektral-Apparate
mit Wellenlängentrommel (D.R.G.M.)
Monochromatoren
mit Wellenlängentrommel (D.R.G.M.)
Neuer Ultraviolett-Monochromator (D.R.G.M.)
Neue Universal-Monochromatoren
Ultra-Rot-Spektrometer
Spektrographen
mit Glas- und Quarz-Optik
Gitter-Spektrographen
mit Glas- und Quarzgitter
Spektrometer und Refraktometer
Polarisations-Spektrometer
Interferenz-Spektroskop
Phosphoroskop nach Lenard

Arthur Pfeiffer, Wetzlar

Gegründet 1890

Fabrik physikalischer, chemischer und technischer Apparate

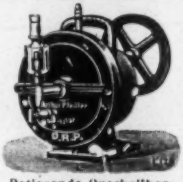


Rotier. Quecksilber-Hochvakuumpumpe System Pfeiffer. D. R. P.

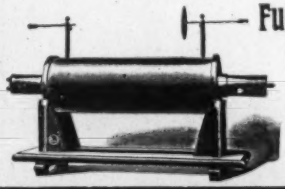
Spezialfabrik für Hochvakuumpumpen

zu wissenschaftlichen und technischen Zwecken

Alle Arten Luftpumpen, Kolben-Ölluftpumpen, rotierende Ölluftpumpen, rotierende Quecksilberluftpumpen für Betrieb und Laboratorium



Rotierende Quecksilber-Hochvakuumpumpe System Gaede. D. R. P.



Funkeninduktoren bis 1000 mm Funkenlänge

Normaltypen von 6—1000 mm Funkenlänge mit Unterbrechern aller Art

Spezial-Funkeninduktoren für technische und wissenschaftliche Zwecke

Listen kostenlos von Abteilung E verlangen.

E. Leybold's Nachfolger

Cöln a/Rhein

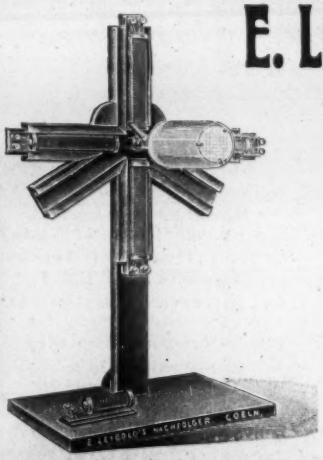
Fabrik physikalischer Apparate

Zweigniederlassung:

Berlin NW 7, Dorotheenstraße 53

Projektionsapparate für Diaskopie und Episkopie

Hochvakuumpumpen nach Gaede



Universalstativ für Braun'sche Röhre nach Simon und Reich.

Katalog, enthaltend 16000 Nummern, wird Instituten auf Wunsch übersandt.

Für den Anzeigenteil verantwortlich S. Hirzel in Leipzig. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.